

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA**

JEAN TURRA

INOCULAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* EM CULTIVARES DE TRIGO

**CERRO LARGO
2023**

JEAN TURRA

INOCULAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* EM CULTIVARES DE TRIGO

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado como requisito parcial para obtenção
de título de Bacharel em Agronomia pela
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS).

Orientador: Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira

CERRO LARGO

2023

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Turra, Jean
INOCULAÇÃO DE AZOSPIRILLUM BRASILENSE EM CULTIVARES
DE TRIGO / Jean Turra. -- 2023.
40 f.

Orientador: Doutor Renan Costa Beber Viera

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo,RS, 2023.

I. , Renan Costa Beber Viera, orient. II.
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

JEAN TURRA

INOCULAÇÃO DE AZOSPIRILLUM BRASILENSE EM CULTIVARES DE TRIGO

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia pela Universidade Federal Fronteira Sul (UFFS).

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 09/02/2023.

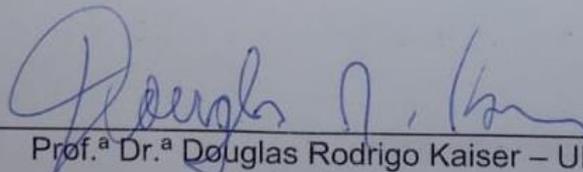
BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dr.^a Renan Costa Beber Vieira – UFFS
Orientador



Prof.^a Dr.^a Nerison Luis Poersch – UFFS
Avaliador



Prof.^a Dr.^a Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS
Avaliador

Dedico este trabalho aos meus pais, e aos meus irmãos pelo apoio incentivos e esforços para que eu pudesse concluir meus estudos.

AGRADECIMENTOS

Gostaria primeiramente agradecer a minha família pelo apoio durante toda minha vida acadêmica em especial a meu irmão por toda a ajuda e contribuição na implantação e na condução do experimento. Também agradeço a Deus pela força, saúde, tranquilidade e sabedoria para poder concluir este trabalho.

Agradeço a todos os colegas e amigos pelos momentos de estudos, diversões, principalmente aos amigos de moradia Cristian Carpenedo, Gabrielly Brandão, Jardel Vargas, Luis Ferdando Turra e Rafael Clauss que vieram a se tornar praticamente uma segunda família, e a todos que de alguma ou outra forma contribuíram para que fosse possível a conclusão do deste experimento.

A todos os docentes do curso de agronomia que, contribuíram muito em minha formação acadêmica através do compartilhamento de conhecimentos nas mais diversas áreas, e em especial ao orientador professor Renan Costa Beber Vieira que não mediu esforços para me auxiliar na orientação da elaboração do presente estudo por todo o apoio e dedicação.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

A cultura do trigo é altamente dependente do nitrogênio, nesse contexto as bactérias do gênero *Azospirillum Brasilense*, acabam desempenhando um papel muito importante. Estas são capazes de realizar a fixação biológica de nitrogênio e promover o crescimento das plantas. Atualmente existe uma diversidade de estudos sobre essas bactérias, na cultura do trigo, porém alguns trabalhos apresentam resultados significativos no incremento da produtividade e outros não significativos. A resposta da bactéria é muito variável, depende dos fatores ligados a interação da bactéria com o ambiente e com o tipo de genótipo. Desta maneira o presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito da inoculação da bactéria *Azospirillum brasilense* em diferentes cultivares de trigo. O experimento foi conduzido a campo no município de Novo Machado, RS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) em um esquema Bifatorial 2x4 com 3 repetições totalizando em 24 unidades experimentais. O primeiro fator consiste na inoculação ou não de sementes de trigo com *Azospirillum*, o segundo fator consiste nas cultivares de trigo, TBio Ponteiro, TBio Sonic, BRS Bela joia e Esporão. Foram avaliados os componentes de produtividade, número de afilhos por planta, espigas por metro quadrado, número de grãos por espiga, peso de mil grãos, peso hectolitro e a produtividade de grãos. Não houve interação significativa entre cultivares x inoculação. O tratamento com a inoculação das bactérias *Azospirillum* nas sementes de trigo proporcionou um aumento significativo no número de afilhos, espigas por metro quadrado, número de grãos por espiga, peso hectolitro e um incremento na produtividade de grãos. O peso de mil grãos não apresentou efeitos significativos tanto para a inoculação quanto para a cultivar. A cultivar de trigo TBIO ponteiro apresentou maior número de afilhos, espigas por metro quadrado e a maior produção de grãos.

Palavras chaves: Bactérias promotoras de crescimento; fixação biológica de nitrogênio; *Triticum aestivum*.

ABSTRACT

Wheat cultivation is highly dependent on nitrogen. In this context, bacteria of the genus *Azospirillum Brasilense* end up playing a very important role. They are able to perform biological fixation of nitrogen and promote plant growth. Currently there is a diversity of studies regarding these bacteria in wheat cultivation. However, some of these works show significant results in increasing productivity and others do not. The response from the bacteria is highly variable, depending on factors related to the interaction between the bacteria, the environment and the genotype. Thus, the present study aims to evaluate the effect of the inoculation *Azospirillum Brasilense* bacteria in different wheat cultivars. The experiment was conducted on field in the city of Novo Machado, RS. The experimental design used was randomized blocks design (RBD) in a 2x4 Bifactor scheme with 3 repetitions, totaling 24 experimental units. The first factor consists of the possible inoculation of wheat seeds with *Azospirillum*; the second factor consists of wheat cultivars TBio Ponteiro, TBio Sonic, BRS Bela joia and Esporão. Yield components were evaluated, number of sprouts per plant, ears per square meter, number of grains per ear, thousand-grain weight, hectoliter weight and grain yield were evaluated. There was no interaction between cultivars and inoculation. The treatment with the inoculation of *Azospirillum* bacteria on wheat seeds increased significantly the number of sprouts, ears per square meter, number of grains per ear, hectoliter weight and grain yield. The thousand-grain weight did not show significant effects for either inoculation or cultivar. The wheat cultivar TBio Ponteiro showed a higher number of sprouts, ear per square meter and the highest grain yield.

Keywords: Growth promoting bacteria; biological fixation of nitrogen; *Triticum aestivum*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Condições de temperatura máxima, mínima e precipitação ocorridas durante a condução do experimento.	27
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:Atributos químicos de camada estratificada 0-10 cm e 10-20 cm do solo da área do experimento.	23
Tabela 2: Análise de variância conjunta para as variáveis número de afilhos (NA), número de grãos por espiga (NGE), espigas por metro quadrado (EMQ), peso de mil grãos (PMG), peso hectolitro (PH) e produtividade de grãos em kg ha ⁻¹ (PROD) na cultura do trigo.....	29
Tabela 3: Médias das variáveis produtividade de grãos em kg ha ⁻¹ (PROD), peso hectolitro (PH), espigas por metro quadrado (EMQ), e número de afilhos por planta (NA), número de grãos por espiga (NGP) para o fator inoculação.....	30
Tabela 4:Médias das variáveis produção em kg ha ⁻¹ (PROD), peso hectolitro (PH), espigas por metro quadrado (EMQ), e número de afilhos por planta (NA) para o fator cultivares.	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPCP	Bactérias promotoras de crescimento de plantas
cm	Centímetros
CV	Coeficiente de variação
FBN	Fixação biológica de nitrogênio
ha ⁻¹	Por hectare
i.a	Ingrediente ativo
kg	Quilogramas
m ²	Metro quadrado
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
N	Nitrogênio
p.c	Produto comercial
UFC/L	Unidades formadoras de colônia por litro
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS.....	14
1.1.1	Objetivos Geral	14
1.1.1.1	Objetivos Específicos.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	CULTURA DO TRIGO	15
2.2	NITROGÊNIO NAS PLANTAS.....	17
2.3	BACTERIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO	18
2.4	BACTERIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM PLANTAS E <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i>	19
3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1	CARACTERÍSTICAS DA ÁREA.....	23
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	23
3.3	SEMEADURA E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	24
3.4	CULTIVARES	25
3.5	VARIÁVEIS ANALISADAS.....	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

O trigo possui grande importância na dieta alimentar, sendo utilizado na fabricação de diversos produtos alimentícios, principalmente para a produção de massas, biscoitos e pães, além do mais o seu farelo é empregado como ingrediente nas rações destinadas a animais e também se apresenta como um ótimo suplemento vitamínico servindo para cereal matinal. (GUARIENTI, 1996).

Pode ser cultivado nos mais diversos tipos de ambientes, regiões geográficas, sendo uma ótima opção para o cultivo de inverno, onde agrega valor no sistema de diversificação de culturas, gerando lucratividades (DE BONA; DE MORI; WIETHÖLTER, 2016).

O Brasil ocupa a décima quinta posição na produção mundial de trigo. Na safra de 2022 produziu cerca de 9.500,9 mil toneladas de trigo, tendo uma variação de 24% a mais, quando comparado com a safra anterior. Isto devido a ocorrência de uma super safra e ao acréscimo da área cultivada (CONAB, 2022).

Os nutrientes essenciais para o desenvolvimento da cultura do trigo que mais podem limitar a sua produtividade são o nitrogênio, fósforo e potássio (SCHÜNEMANN *et al.*, 2018). A disponibilidade do nitrogênio em quantidades corretas é o principal agente para que a cultura expresse todo o potencial de produção. (DE BONA; DE MORI; WIETHÖLTER, 2016).

Os fertilizantes sintéticos que são utilizados para o cultivo representam um dos principais custos na produção (FERRO *et al.*, 2018). Neste contexto, o desenvolvimento de algumas biotecnologias como inoculantes do gênero *Azospirillum brasilense* são capazes de diminuir o uso de fertilizantes.

Através da inoculação destas bactérias ocorre o processo de fixação biológica de nitrogênio. E também a produção de compostos como auxinas, citocinas e giberelinas resultando em maior área radicular e assim maior absorção de água e nutrientes, incrementando a produção e tornando a agricultura mais sustentável (CHAVARRIA; MELLO, 2011).

Atualmente existem diversos estudos sobre a inoculação das bactérias do gênero *Azospirillum brasilense* em trigo sendo que alguns trabalhos mostram resultados significativos no incremento da produtividade como aqueles realizados por (MENDES *et al.*, 2011; PICCININ *et al.*, 2013; HUNGRIA, 2011). Porém, outros

estudos realizados por (MUMBACH *et al.*, 2017; RIBEIRO *et al.*, 2018) trazem que estas bactérias não aumentam a produtividade.

A resposta do trigo a inoculação de *Azospirillum brasilense* é muito variável, depende principalmente de fatores ligados a interação da bactéria com o ambiente, com a disponibilidade do nitrogênio, teor de matéria orgânica do solo e do genótipo (FELDMANN *et al.*, 2018).

Desta maneira o presente trabalho busca avaliar a utilização de bactérias promotoras de crescimento de plantas do gênero *Azospirillum brasilense* sobre diferentes cultivares de trigo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos Geral

Avaliar o efeito da inoculação da bactéria *Azospirillum brasilense* em diferentes cultivares de trigo.

1.1.1.1 Objetivos Específicos

Avaliar a inoculação de *Azospirillum brasilense* na produtividade de grãos de trigo e seus componentes.

Verificar se existe interação entre o ciclo das cultivares de trigo e a inoculação de *Azospirillum brasilense*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DO TRIGO

O trigo é originário de uma região conhecida como crescente fértil no Sudoeste asiático, e influenciou o desenvolvimento das civilizações. No Brasil o cultivo teve início no ano de 1534 na capitania de São Vicente onde hoje é o atual estado de São Paulo por Martin Afonso de Souza (DE MORI *et al.*, 2016). Já no Rio Grande do Sul ele chegou em 1737 através de sementes oriundas de São Paulo (JACOBSEN, 2003).

A cultura começou a se tornar a base para o desenvolvimento agrícola nas maiores partes do mundo, ajudando no crescimento das indústrias. Eram necessários alguns tipos de equipamentos para realizar o seu cultivo, e principalmente na parte de industrialização de grãos, isto também acabou abrindo caminho para o desenvolvimento de outras culturas (PIANA; CARVALHO, 2008).

O trigo é pertencente à família das Poaceae, do gênero *Triticum* e a espécie mais cultivada é *Triticum aestivum* L (PIANA; CARVALHO, 2008). É uma gramínea, que possui sistema radicular fasciculado, com cerca de 6 a 9 folhas, a inflorescência é do tipo espiga, sendo uma planta anual autógama, podendo ser classificada de acordo com a sua exigência em fotoperíodo e em temperatura, sendo denominados trigo de primavera ou inverno. O seu ciclo no Brasil é de 100 a 160 dias podendo variar conforme o grupo climático e o genótipo da cultivar (DE MORI *et al.*, 2016).

Segundo a legislação brasileira de 2010 o trigo é classificado em 5 classes, conforme a alveografia (força do glúten) e o número de queda em: Trigo melhorador, trigo pão, trigo doméstico, trigo básico e trigo para outros usos. Além destas também pode ser classificado em tipo 1, 2, e 3 quanto ao valor máximo do peso hectolitro, percentuais máximos de impureza e grãos danificados (BRASIL, 2010).

A maior parte deste cereal é utilizado na alimentação humana representando cerca de 80% da produção mundial para este fim, sendo utilizado na fabricação de pães, biscoitos, tortas, bolos, massas, cereais matinais, e até mesmo em produtos não alimentícios como cosméticos, álcool, misturas adesivas e colas (DE MORI; IGNACZAK, 2011).

Ele também participa no mercado de alimentação animal através de produtos como o farelo de trigo sendo resultante da moagem, e o triguilho que é um grão

malformado devido condições climáticas ou sementes de má qualidade, estes subprodutos são muito utilizados na fabricação de ração principalmente quando os preços das matérias primas estão elevados (ZYLBERSZTAJN *et al.*, 2004).

Os maiores produtores mundiais de trigo são a União europeia, China, Índia, Rússia e Ucrânia. O Brasil está ocupando 15ª posição, produzindo 7.679,4 mil toneladas na safra de 2021, e consumindo 12.549,8 mil toneladas, desta forma o Brasil não é autossuficiente na produção do trigo, tendo que importar de outros países como Argentina, Uruguai e Paraguai (CONAB, 2021).

A Rússia e a Ucrânia são, responsáveis por 30% das exportações mundiais de trigo, o conflito entre eles acaba gerando um cenário de incertezas sobre a oferta e a demanda, no mercado agrícola mundial, trazendo maior insegurança quanto ao abastecimento interno pelas restrições de escoamento que estão ocorrendo, afetando os preços do mercado internacional (CONAB, 2022).

Uma boa produção, desenvolvimento e crescimento na cultura do trigo são alcançados quando o solo não apresenta concentrações limitantes de macronutrientes e micronutrientes. A quantidade de cada nutriente demandada pela cultura depende das concentrações daquele elemento nos órgãos vegetativos e da expectativa de rendimento da lavoura (DE MORI *et al.*, 2016).

As expectativas de rendimento de grãos podem ser definidas pela interação de vários fatores, bem como as características genéticas de cada cultivar, época de semeadura, disponibilidade de água, e nutrientes (DE BONA; DE MORI; WIETHÖLTER, 2016).

Apesar de vários componentes de rendimento serem controlados geneticamente é muito comum que uma mesma cultivar semeadas na mesma época, em locais diferentes, apresente respostas diferentes no seu desenvolvimento em função dos efeitos do ambiente. (SANTOS, 2014).

O elemento que é exigido em maior quantidade na cultura do trigo é o nitrogênio (DE BONA; DE MORI; WIETHÖLTER, 2016). As necessidades deste nutriente podem ser supridas de várias formas, pela mineralização de restos culturais, dejetos de animais, fontes industrializadas e por meio de bactérias diazotróficas fixadoras de nitrogênio (WENDLING, 2005). Porém os efeitos destas estão ligadas ao genótipo da planta, existindo cultivares com alto e baixo potencial de associação (FILHO *et al.*, 2017).

2.2 NITROGÊNIO NAS PLANTAS

O nitrogênio normalmente é exigido em grandes quantidades pelas plantas, a sua absorção normalmente ocorre na forma de Nitrato (NO_3^-). Quando absorvido é reduzido e incorporado em compostos orgânicos, sendo constituinte de aminoácidos, nucleotídeos, coenzimas, clorofila, alcaloides (MENDES, 2007).

O nitrogênio faz parte de moléculas de proteínas como ácidos nucleicos, clorofila, citocininas e auxinas, fundamentais para ocorrer todas as reações químicas do metabolismo de uma planta como o Ciclo de Krebs, fotossíntese e via glicolítica (PAULILO; VIANA; RANDI, 2015).

A deficiência do nitrogênio nas plantas inibe o crescimento vegetal resultando em clorose, amarelecimento das folhas devido ao baixo nível de clorofila. Estes sintomas aparecem em folhas mais velhas e em seguida se desenvolvem nas folhas superiores, em casos mais severos causa atrofiamento das plantas e uma redução no perfilhamento (TAIZ *et al.*, 2017). Já o excesso deste nutriente pode provocar aumento nos tecidos vegetais e como consequência ocorre o acamamento das plantas (FLOSS, 2011).

Cerca de 98% do N existente do planeta está distribuído pela superfície terrestre, nas rochas no fundo dos oceanos e sedimentos, porém ele não pode ser utilizado pela maior parte dos organismos pois o N_2 contém uma tripla ligação entre os átomos de nitrogênio fazendo com que a molécula não consiga reagir quimicamente, e para poder quebrar esta ligação são necessárias grandes quantidades de energia (VIEIRA, 2017).

Cerca de 95% do N presente no solo está na forma orgânica, e outra parte na forma inorgânicas minerais como nitrato de amônia, dióxido de nitrogênio e nitrato (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) (VIEIRA, 2017). Este nitrogênio inorgânico que está disponível para as plantas é resultante da mineralização da matéria orgânica (FLOSS, 2011).

Podem ser perdidos anualmente cerca de 500kg ha^{-1} de nitrogênio através da lixiviação, 40 a 150 kg ha^{-1} pela erosão, 10 a 80 % do N que é aplicado pela volatilização, desnitrificação e 25 a 30% pela própria imobilização do solo do N que é aplicado via fertilização (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Na cultura do trigo a grande parte de absorção do nitrogênio acontece entre as fases de alongamento do colmo e de espigamento. A partir desses estagios a

absorção continua ocorrendo porem coincide com o aumento de perda pelo processo de senescência das folhas e a exsudação do mesmo pelas raízes. Desta maneira o manejo da adubação visa o parcelamento para poder sincronizar a disponibilidade do N de conforme a necessidade da planta (DE BONA; DE MORI; WIETHÖLTER, 2016).

2.3 BACTERIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO

O processo de fixação biológica de nitrogênio ocorre de forma natural por meio de associação simbiótica de microrganismos vivos com as plantas, sendo chamados de bactérias diazotróficas que conseguem capturar o nitrogênio que existente na atmosfera e transformar em formas assimiláveis para as plantas (DE ALCÂNTARA, 2017).

Os organismos que fazem a fixação biológica de nitrogênio são bactérias e cianobactérias, sendo os únicos organismos que possuem a enzima conhecida como dinitrogenase e que é capaz de quebrar a ligação tripla do dinitrogênio que está na atmosfera e reduzi-lo em amônia. Estas bactérias podem ser de vida livre como as cianobactérias *Anabaena* e *Nostoc* e também aquelas que podem fazer associações simbióticas como as do gênero *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* e *Azorhizobium* (PAULILO; VIANA; RANDI, 2015).

A fixação biológica de nitrogênio não ocorre somente com a associação simbiótica em leguminosas, existem bactérias capazes de fixar o N₂ atmosférico em associações com as gramíneas como trigo, cana-de-açúcar, e milho. Como não ocorrem a formação de nódulos nas raízes para a fixação no N dessas plantas as bactérias ficam localizadas principalmente na superfície das raízes, e até mesmo dentro das folhas e colmos (MENDES; JUNIOR; CUNHA, 2010).

Além dessas bactérias promoverem a fixação biológica de nitrogênio (FBN) também podem produzir hormônios de crescimento de plantas que normalmente agem sobre as raízes aumentando a densidade de pelos radiculares e a quantidade de raízes secundárias. Esses acréscimos na superfície radicular promovem maior absorção de nutrientes e água, atribuindo maior capacidade a planta em suportar estresses ambientais (MENDES; JUNIOR; DA CUNHA 2010).

O nitrogênio que é fornecido pela FBN, contribui para uma agricultura mais sustentável, visto que ele permite uma redução nas doses de fertilizantes sintéticos

nitrogenados, baixando o custo de produção, além do mais o nitrogênio que é fixado e menos sujeito a volatilizar, diminuindo a emissão de gases do efeito estufa (BERTOLO, 2021).

O uso da FBN, tanto em gramíneas como leguminosas, representa a base para o desenvolvimento de um sistema de produção quase independente na questão de fertilizantes nitrogenados. Estimando que será possível desenvolver sistemas agrícolas que garantem o suprimento de 75% do N necessário através da fixação biológica de nitrogênio (DÖBBEREINER; DUQUE, 1980).

Para ter uma garantia sobre a eficiência da FBN deve-se usar um inoculante que seja específico para cada cultura (EMBRAPA, 2020). Em gramíneas, o primeiro inoculante que teve registro no Brasil contém as estirpes Ab-V5 e Ab-V6 de *Azospirillum brasilense* que favorecem o desenvolvimento das plantas pelo aumento da FBN, produção de fitormônios que promovem o crescimento radicular e a maior absorção de nutrientes (EMBRAPA, 2011).

2.4 BACTERIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM PLANTAS E *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*

A agricultura tem evoluído a cada ano, e nesta evolução inclui-se a busca de alternativas que aumentam a produtividade com eficiência e baixo custo. Uma das alternativas, está na utilização de bactérias promotoras de crescimento em plantas (BPCP) (SPOLAOR *et al.*, 2016).

Essas bactérias quando utilizadas nas plantas atuam no crescimento e demonstram benefícios como aumento da área folhar, altura de plantas, diâmetro de colmo, número de folhas, matéria seca e aumento de produtividade (MARIANO *et al.*, 2004). Para Spolaor *et al.* (2016), as BPCP trazem grandes ganhos, dentre eles o aumento da eficiência de fertilizantes e da produtividade da cultura.

As BPCP são um grupo de microrganismos benéficos para as plantas, com capacidade de colonizar superfícies radiculares, da rizosfera e da filosfera, essa capacidade pode estimular o crescimento da planta, pois proporciona o processo de fixação biológica de nitrogênio (HUNGRIA, 2016). Nestas ocorre uma troca de benefícios, onde a planta acaba fornecendo nutrientes para a bactéria e ela fornece outros nutrientes e proteção para a planta (LANANCA, 2019).

Dentro das BPCP, existem as Bactérias do gênero *Azospirillum brasilense*. Estas são distróficas associativas que através das enzimas desidrogenase são capazes de reduzir o N₂ da atmosfera em amônia, liberando nitrogênio para as plantas (HUNGRIA, 2011).

Azospirillum brasilense é uma bactéria com capacidade de fixar nitrogênio em plantas, sendo encontrada de forma natural na rizosfera. Ela consegue se associar com raízes de gramíneas, promover o crescimento vegetal e aumentar a produtividade (SILVEIRA, 2012).

A partir de uma série de avanços tecnológicos e estudos, as primeiras estirpes comerciais de *Azospirillum brasilense* no Brasil tiveram sua aplicação agrônômica confirmada pela Embrapa soja em 2004, e o primeiro inoculante foi comercializado em 2009 (HUNGRIA, 2011).

Existem uma grande diversidade de inoculantes que possuem a bactéria *Azospirillum brasilense* registradas no MAPA, com o poder de se associarem com raízes de gramíneas como o trigo, produzindo fitohormônios e fixando o nitrogênio do ar, sendo que a eficiência destes inoculantes variam muito com as condições de cultivo (DE MORI *et al.*, 2016).

Azospirillum brasilense produz fitohormônios como ácido indolacético, giberilinas, e citocininas promovendo maior crescimento radicular, aumentando os teores de absorção de água, e minerais obtendo assim maior tolerância a estresses hídricos tornando a planta mais vigorosa e produtiva (FILHO *et al.*, 2017).

Além de ajudar na fixação de nitrogênio, a inoculação com *Azospirillum brasilense* pode influenciar o desenvolvimento das estruturas reprodutivas e vegetativas como tamanho das espigas, grãos, folhas, colmos, e também são capazes desencadear alguns tipos de mecanismos de defesa, que acabam proporcionando maior resistência das plantas contra patógenos e estresses ambientais (FILHO, 2020).

A inoculação de *Azospirillum brasilense* é uma das formas mais viáveis e sustentáveis de substituir parte da adubação nitrogenada, visto que estas bactérias diazotróficas podem se associar com a maior parte das gramíneas, auxiliando no crescimento e desenvolvimento das plantas. Especialmente na cultura do trigo, as bactérias se destacam pelo aumento da parte vegetativa, radicular da planta e elevação da produtividade dos grãos (REPKE, 2016).

Piccinin *et al.* (2013) comprovou que a aplicação de meia dose de nitrogênio quando for associada à inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*

promoveu resultados positivos no desempenho agrônômico da cultivar de trigo Quartzo. As variáveis número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e peso hectolitro apresentaram as maiores médias em tratamentos com inoculação resultando em incrementos na produtividade da cultura do trigo.

Conforme Colling *et al.* (2012) em trabalho avaliando o efeito do *Azospirillum brasilense* em diferentes cultivares de trigo, foi constatado que não houve interação significativa entre as cultivares avaliadas, ambas tiveram produção bem semelhantes, mas quando se compara as cultivares submetidas aos tratamentos de inoculação da bactéria observa-se que houve um aumento significativo na produção de 228,9 kg ha⁻¹ em relação as não inoculadas.

Na cultura de trigo existe registro que são supridos no máximo 30 kg/ha⁻¹ nitrogênio, através da inoculação, além de elevar o crescimento radicular da cultura resultando em maior absorção de nutrientes necessários principalmente quando há ocorrência de déficit hídrico (DE MORI *et al.*, 2016). Já em trabalho realizado com a cultura a adição de apenas 20 kg de nitrogênio na forma mineral e o uso de *Azospirillum* proporcionaram um incremento de 14% no rendimento de grãos (HUNGRIA, 2011).

Em pesquisas realizadas por Bartchechen (2010) inoculando cepas de *Azospirillum brasilense* em sementes de milho, para avaliação da produtividade de grãos relatou que não proporcionou maiores ganhos na produtividade. Mumbach *et al.* (2017) também mostra que a inoculação tanto em trigo como em milho não representou ganhos sobre diâmetro do colmo, comprimento de espigas, índice de área folhar e no rendimento de grãos.

As respostas da inoculação de bactérias deste gênero acabam sendo divergentes. Ao realizar a inoculação em diferentes cultivares de trigo, bem como BRS Parrudo, TBIO Quartzo e TBIO Sinuelo, os resultados comprovaram que houve aumento na produtividade de grãos nos componentes de produtividade principalmente na cultivar Sinuelo, devido ao genótipo da planta (MUNARETO *et al.*, 2019).

Em trabalhos realizados, testando a inoculação de *Azospirillum* em diferentes cultivares de trigo também mostraram que as respostas das bactérias são associadas quanto ao tipo de cada cultivar e ao cultivo em solos com baixos teores de matéria orgânica (FELDMANN, 2018).

Na inoculação de *Azospirillum brasilense* sobre a cultura do trigo existem diferenças significativas entre os genótipos na resposta do nitrogênio aos

componentes de produção. Desta forma cultivares que são mais eficientes no uso do nitrogênio se tornam importantes cultivá-las para poder gerar uma redução nos custos de produção obtendo incrementos na produção, diminuindo a contaminação ambiental pela lixiviação do nitrato (MARCHIORO *et al.*, 2013).

Assim é de suma importância a busca por estudos sobre a identificação de cultivares, condições edafoclimáticas na cultura do trigo em razão da interação da cultivar com o ambiente (MARCHIORO *et al.*, 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

O trabalho foi conduzido a campo em regime de sequeiro no município de Novo Machado, no estado do Rio Grande do Sul, com latitude 27°35'52.25"S e longitude 54°34'23.76"O e elevação de 149 metros. O solo é classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2018).

A caracterização química do solo foi obtida mediante encaminhamento de amostra de solo ao Laboratório de análise de solo (tabela 1). A amostragem do solo foi realizada com pá-de-corte, coletando 10 amostras representativas do solo da área em profundidades estratificadas de 0-10 cm, e 10 a 20 cm. (CQFS-RS/SC, 2016).

Tabela 1: Atributos químicos de camada estratificada 0-10 cm e 10-20 cm do solo da área do experimento.

Profundidade cm	Argila (%)	pH H ₂ O (1:1)	Índice SMP	M.O (%)	P mg L ⁻¹	K	Ca	Mg cmol _c L ⁻¹	Al	H+Al
0-10	56,0	6,4	6,6	1,8	23,5	191,0	4,7	2,3	0,0	2,1
10-20	56,0	6,3	6,3	1,2	4,3	100,0	4,7	2,2	0,0	2,3
Profundidade cm	CTC (cmol _c L ⁻¹) Efetiva pH 7,00		Saturação (%) Bases Al		S	B	Cu Zn mg L ⁻¹		Mn	
0-10	7,49	9,59	78,1	0,0	10,5	0,53	17,8	4,99	15,2	
10-20	7,6	9,43	75,68	0,0	8,79	0,4	12,97	3,75	16,4	

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Conforme os dados obtidos, foi possível identificar que o pH H₂O é maior do 5,5 a saturação de alumínio está a baixo de 30% na camada de 10-20 e saturação de bases é maior que 65%, desta forma não foi necessário realizar a calagem (CQFS-RS/SC, 2016).

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC) em esquema bifatorial 2x4, com 3 repetições totalizando em 24 unidades experimentais. O primeiro fator se constitui na inoculação de sementes com o inoculante líquido comercial Azotrop® contendo a bactéria *Azospirillum brasilense*, estirpes AbV5 e

AbV6 na garantia de 2×10^{11} UFC/L com e sem inoculação na dose de 100ml p.c 50 kg^{-1} de semente. A inoculação aconteceu 30 minutos antes da semeadura adicionando o produto juntamente com as sementes de trigo em sacolas plásticas e agitando estas por 15 minutos a fim de manter a homogeneidade. O segundo fator consistiu nas cultivares de trigo, TBio Ponteiro, TBio Sonic, BRS Bela joia e Esporão. As sementes não foram submetidas a tratamentos de fungicidas e inseticidas.

As unidades experimentais foram compostas por 13 linhas de semeadura ambas em espaçamento de 17 cm, por 6 metros de comprimento, consistindo em 13,26 m^2 . O espaçamento entre os blocos e as parcelas foi de 65 cm. A área útil considerada para as avaliações foi de 4 metros lineares em 9 linhas centrais correspondendo a 6,12 m^2 . As posições entre os tratamentos e as suas repetições foram realizadas a partir de sorteio.

Os tratamentos utilizados do experimento foram os seguintes:

T1: Cultivar TBio ponteiro sem inoculação.

T2: Cultivar TBio Sonic sem inoculação.

T3: Cultivar BRS Bela Joia sem inoculação.

T4: Cultivar Esporão sem inoculação.

T5: Cultivar TBio ponteiro com inoculação.

T6: Cultivar TBio Sonic com inoculação.

T7: Cultivar BRS Bela Joia com inoculação.

T8: Cultivar Esporão com inoculação.

3.3 SEMEADURA E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O preparo inicial da área iniciou-se 14 dias antes do experimento, por meio da dessecação de plantas infestantes com a aplicação de ingrediente ativo Glifosato (ZAPP QI) na dosagem de 1,24 L i.a por hectare e Cletodim (Select) na dosagem de 0,12 L i.a por hectare, com um pulverizador agrícola Fankhauser 800 litros modelo 6080.

A semeadura foi realizada no dia 12 junho de 2022, de acordo com o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para o Estado do Rio Grande do Sul (ZARC, 2022). As cultivares sem inoculação foram semeadas precedentemente a fim de evitar

qualquer contaminação com as demais. Para isso utilizou-se uma semeadora adubadora Eickhoff modelo 7-17 de fluxo contínuo com 17 linhas.

A densidade de semeadura foi de 380 sementes m² para ambas as cultivares. A adubação ocorreu via sulco com o fertilizante NPK 10-15-15 em uma dosagem de 300 Kg/ha⁻¹ conforme (CQFS-RS/SC, 2016) para expectativa de colheita de 4 ton ha⁻¹. As parcelas não receberam nitrogênio em cobertura, apenas 30 kg/ha⁻¹ do nutriente na semeadura.

O controle de plantas daninhas ocorreu 35 dias após a semeadura, através da aplicação do herbicida a base de metsulfurom metílico, produto comercial (ZARTAN), na dosagem de 5 g i.a. ha⁻¹.

Para o controle de manchas foliares, e ferrugem da folha (*Puccinia triticina*) foi utilizado duas aplicações de 91 g i.a. ha⁻¹ de Piraclostrobina e 56 g i.a. ha⁻¹ de Epoxiconazol produto comercial (Abacus). E para o controle do pulgão verde dos cereais (*Rhopalosiphum graminum*) foi utilizado 2 aplicações de metomil produto comercial (Lannate Br) na dose de 215 g i.a. ha⁻¹.

3.4 CULTIVARES

A cultivar de trigo TBIO Ponteiro foi lançada no ano de 2017, é oriunda do cruzamento entre Fuste e TBIO Mestre com classe comercial para pão (KUHNEM *et al.*, 2022). Possui ciclo médio tardio de 130 a 135 dias para atingir a maturação, destaca-se pelo alto nível de resistência às principais doenças da cultura e em anos de estiagem pela tolerância à seca (BIOTRIGO, 2022).

A cultivar TBIO sonic lançada no ano de 2017, oriunda do cruzamento entre TBIO Toruk com Celebra, com classe comercial melhorador (KUHNEM *et al.*, 2022). O seu ciclo é superprecoce em média 115 a 120 dias para a maturação e altura média da planta baixa.

Cultivar BRS Bela Joia foi lançada no ano de 2019, sendo um cultivar de ciclo precoce, apresenta espigamento em 80 dias e maturação em 128 dias, é de porte médio pequeno 75 cm, com tolerância ao acamamento e excelente perfilhamento (EMBRAPA, 2019).

A cultivar Esporão foi lançada em 2014, pela obtendora Codetec, oriunda do cruzamento entre Ônix com CD 2017, apresenta classe comercial para pão e o seu ciclo é médio tardio de 130 dias (KUHNEM *et al.*, 2022).

3.5 VARIÁVEIS ANALISADAS

Foram avaliados o número de afilhos por planta, o número de espigas por m², número de grãos por espiga, peso hectolitro, peso de mil grãos e a produtividade de grãos por hectare.

O número de afilhos por planta foi determinado pela contagem de 10 plantas aleatórias da área útil de cada parcela quando o trigo estava na fase inicial de alongamento.

O número de espigas por m² foi determinado a partir da contagem das espigas em 3 linhas centrais das parcelas e 2 metros lineares totalizando em 1,02 m², quando o trigo estava na fase de maturação fisiológica.

O número de grãos por espiga foi determinado pela contagem em 10 espigas aleatórias da área útil de cada parcela.

O peso hectolitro foi determinado para todas as parcelas, por meio de uma balança hectolétrica, com um volume de ¼ de litro e após o valor foi ajustado em uma tabela de conversão de trigo resultando no PH.

O peso de mil grãos foi definido através da contagem de 8 repetições de 100 sementes cada, em seguida as sementes de cada repetição foram pesadas, segundo as Regras de para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

A produtividade de grãos por hectare foi determinada pela colheita das plantas em 6 linhas centrais das parcelas e 4 metros lineares totalizando em 4,08 m² de cada parcela, após foi feita a pesagem da massa desses grãos obtendo a produtividade.

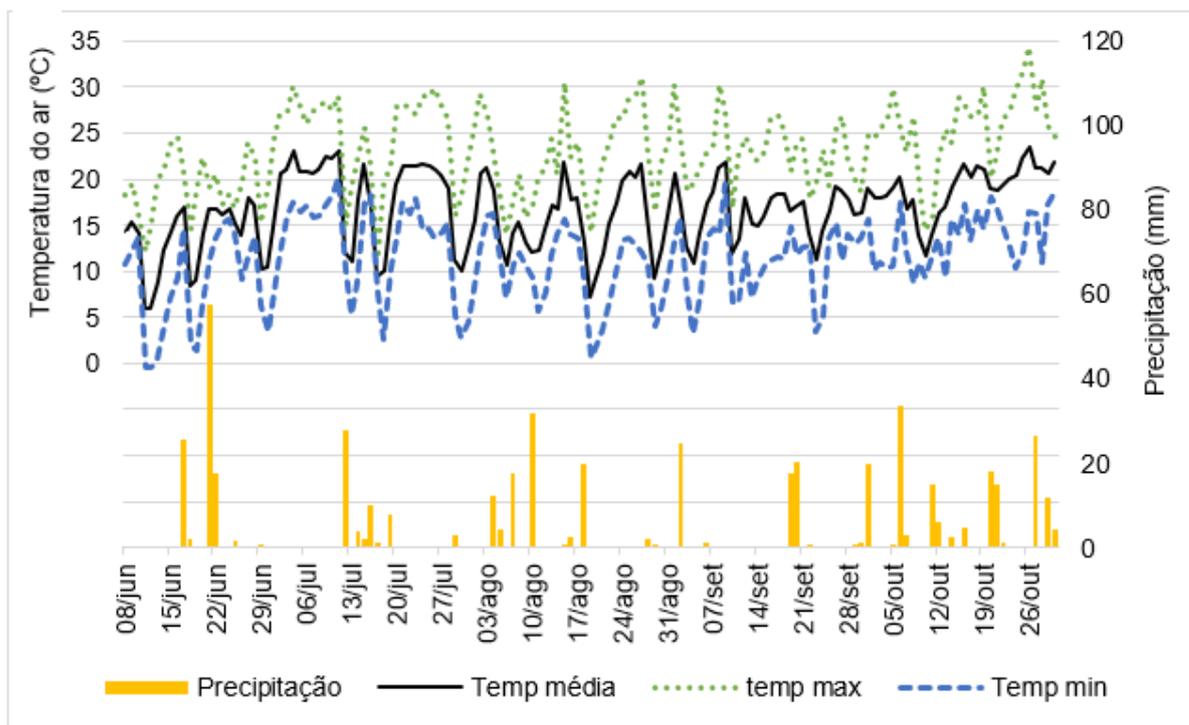
A colheita foi realizada de forma manual em 4 períodos, compreendendo do dia 07 a 26 de outubro, conforme as cultivares atingiam a fase de maturação e apresentavam 13% de umidade. Já a trilha dos grãos foi feita com o auxílio de uma trilhadeira de parcela.

Os dados obtidos nas avaliações foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, com auxílio do programa estatístico Sisvar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de precipitação pluviométrica, temperatura máxima, mínima e média diária durante o período do experimento (Figura 1) foram extraídos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), da estação meteorológica automática localizada no município de Santa Rosa RS.

Figura 1: Condições de temperatura máxima, mínima e precipitação ocorridas durante a condução do experimento.



Fonte: INMET. Elaborado pelo autor 2023.

Durante a condução de experimento que compreende o dia da sementeira, 12 de junho até o dia da colheita, 26 de outubro ocorreu um acumulado de chuva de 445 mm, sendo distribuídas de forma homogênea durante os estágios fenológicos da cultura. Logo após a sementeira, no estágio de emergência foram acumulados 99 mm, já no início da fase de perfilhamento até a fase de alongamento e emborrachamento o índice de precipitação foi um pouco menor, sendo somados 61 mm.

Na fase de espigamento e florescimento foram acumulados 164 mm, porém foram precipitações bem distribuídas que não permaneceram por dias consecutivos, formando condições de clima adversas para o estabelecimento e desenvolvimento de

doenças como a giberela. Cujo se desenvolve quando as condições climáticas apresentarem precipitações pluviais, de no mínimo, 48 horas consecutivas e temperaturas entre 20 e 25°C (LIMA; FERNADES, 2001).

Este período é considerado um dos mais críticos na cultura do trigo compreendendo aproximadamente, 30 dias, sendo 20 dias pré-floração aparecimento das anteras e 10 dias pós-floração. Neste as condições ambientais radiação solar e temperatura do ar são essenciais, para determinar o número de afilhos que produzirão espigas, o número de primórdios florais que sobreviverão dentro de cada uma das espiguetas, e assim o número de flores que poderão produzir grãos (SANTOS *et al.*, 2014).

O final do ciclo do trigo pode ser afetado pelo risco de chuva na colheita o que pode resultar na germinação dos grãos ainda na espiga, afetando diretamente o PH, reduzindo a sua qualidade e o próprio valor de comercialização (ANTUNES, 2018). Desta forma quando a cultura entrou na fase maturação fisiológica até o momento da colheita houve um acumulado de chuva de 118 mm, mas as precipitações não foram consecutivas e assim a cultura não foi afetada neste sentido.

Relacionado a temperatura do ar no decorrer do ciclo da cultura pode -se perceber que a mínima atingida foi de 0,6°C. Quando o trigo estava na fase de perfilhamento por volta de 05 de julho as temperaturas médias foram de 19,5°C, desta maneira conforme Scheeren *et al.* (2000), temperaturas entre 15 e 20°C no afilhamento são excelentes para o trigo. Na fase reprodutiva que se iniciou no fim do mês de agosto e início de setembro as temperaturas médias ficaram em torno de 19°C e a temperatura média durante todo o período ficou em torno de 16,23°C.

Relacionando os índices pluviométricos com a temperatura média do ar no decorrer de todo o ciclo da cultura, foi possível perceber que as condições edafoclimáticas foram de acordo com as exigências da cultura, descritas por Scheeren *et al.* (2000) e Santos *et al.* (2014) para poder alcançar altas produtividades.

Os resultados da análise estatística do experimento foram sintetizados e representados pela tabela 2. Nela, são demonstrados o quadrado médio das avaliações das cultivares, dos tratamentos, da interação, o coeficiente de variação e a média geral de cada componente de produtividade avaliado.

Tabela 2: Análise de variância conjunta para as variáveis número de afilhos (NA), número de grãos por espiga (NGE), espigas por metro quadrado (EMQ), peso de mil grãos (PMG), peso hectolitro (PH) e produtividade de grãos em kg ha⁻¹ (PROD) na cultura do trigo.

FV	GL	Quadrados Médios					
		NA	NGE	EMQ	PMG	PH	PROD
Inoculação (I)	3	1,68*	8,53*	122,7*	12,26 ^{ns}	17,15*	1444669,4*
Cultivar (C)	1	4,78*	25,01 ^{ns}	266,8*	0,041 ^{ns}	2,04*	692872,6*
IxC	3	0,010 ^{ns}	8,81 ^{ns}	27,44 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,15 ^{ns}	20103,2 ^{ns}
Média Geral		3,8	31,6	259	40,45	79,6	3836
CV (%)		3,3	5,47	2,29	4,94	0,82	7,2

* significativo a 1% e 5% de probabilidade de erro pelo teste F; ^{ns} - não significativo.

Como podemos observar na análise de variância o coeficiente de variação (CV) oscilou de 0,82 % para a variável peso hectolitro, a 7,2 para a variável produção. Segundo Pimental Gomes (1990) considera os coeficientes de variação baixos quando os valores são menores do que 10%, médios quando apresenta valores entre 10 a 20% e altos quando apresenta valores de 20 a 30%. Como para todas as variáveis analisadas o CV ficou abaixo de 10%, são classificados como baixo e a precisão do experimento é alta.

Não houve interação significativa entre inoculação X cultivar para nem uma das variáveis analisadas, os fatores atuaram de forma independente. Já em trabalho realizado por Lemos (2013) na cultura do trigo, demonstrou interação entre cultivares X inoculação.

Para o fator de variação inoculação ocorreram diferenças significativas para as variáveis número de afilhos, número de grãos por espiga, espigas por metro quadrado, peso hectolitro e para a produtividade em kg ha⁻¹. Para o fator cultivar houve interação significativa nas variáveis número de afilhos, espigas por metro quadrado peso hectolitro e produtividade em kg ha⁻¹.

Para o peso de mil grãos não houve diferença significativas para ambas as fontes de variação. Piccinin *et al.* (2013) ao avaliar rendimento e o desempenho agrônômico da cultura do trigo em manejo com *Azospirillum brasilense*, também verificou o efeito não significativo no peso de mil grãos.

Tabela 3: Médias das variáveis produtividade de grãos em kg ha⁻¹ (PROD), peso hectolitro (PH), espigas por metro quadrado (EMQ), e número de afilhos por planta (NA), número de grãos por espiga (NGP) para o fator inoculação.

Inoculação	PROD	PH	EMQ	NA	NGP
Sem <i>Azospirillum</i>	3667b	79,2b	256b	3,4b	30,60b
Com <i>Azospirillum</i>	4007a	79,8a	263a	4,3a	32,64a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p=0,05).

Para a variável produtividade de trigo o tratamento com inoculação de *Azospirillum brasiliense* resultou em maior produtividade média de 4007 kg ha⁻¹ diferindo significativamente do tratamento sem a inoculação, que apresentou menor produtividade de 3667 kg ha⁻¹. O tratamento com *Azospirillum* resultou em um incremento médio de 340 kg ha⁻¹ na produtividade, um ganho de 8,49%.

Tal resultado pode ser evidenciado ao fato de todos os genótipos responderem positivamente a inoculação, isto por apresentarem maior afinidade das bactérias com as plantas. Provando ao contrário dos objetivos do trabalho, cujo era verificar se ocorrem interações entre os ciclos das cultivares de trigo e a inoculação com *Azospirillum*. Porém foi observado, que não existe este tipo de interação.

A resposta positiva da inoculação em todas as cultivares se diverge do trabalho realizado por Revolti (2014), que ao realizar a inoculação de *Azospirillum* em diferentes híbridos de milho, encontrou respostas significativas quanto a produtividade em apenas um genótipo.

Desta forma como os tratamentos receberam apenas uma pequena dose de nitrogênio na forma mineral somente na semeadura os benefícios causados por essas bactérias podem estar relacionados com a fixação do nitrogênio, captado da atmosfera pelas plantas. A resposta positiva da inoculação pode ser relacionada ao cultivo em solo com baixo teor de matéria orgânica, também encontrado por (FELDMANN *et al.*, 2018).

Ou também à produção de fitormônios e não somente à fixação biológica do N² que também foram encontrados por (LUIDWIG, 2015). Tais fitormônios bem como ácido indol-acético, giberilinas e citocininas, (BARASSI *et al.*, 2008).

Coelho (2015) também condiz que os efeitos benéficos da inoculação sobre as plantas são hormonais, pelo qual levam a planta a absorver melhor os nutrientes e assim responder melhor em condições adversas. Bactérias diazotróficas conseguem

aumentar a produção (SALA *et al.*,2007) através da promoção do crescimento e do acúmulo de N em plantas de trigo (SALA *et al.*, 2005).

Para Hungria *et al.* (2010) a inoculação de cepas de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo resultou em um incremento da produtividade em 312 a 423 kg ha⁻¹, ou 13 a 18% a mais quando comparando com tratamentos testemunhas que não receberam a inoculação. Levando em consideração que estes tratamentos também receberam apenas baixo teor de nitrogênio somente na semeadura semelhante ao presente trabalho.

Em trabalho realizado por Ludwig (2015) avaliando Inoculação com *azospirillum brasilense* em cultivares de trigo foi possível perceber que houve interação cultivar inoculante, apresentando efeito significativo em três cultivares incrementando cerca de 405 kg ha⁻¹ correspondendo a 10%. Porém houve cultivares que responderam negativamente, devido a incompatibilidade do genótipo com a bactéria.

Contudo Silva e Pires (2017), destacam que a inoculação de sementes de trigo da cultivar BRS Guamirim com bactérias fixadoras de nitrogênio como as do gênero *Azospirillum* não trazem aumentos no rendimento da cultura

Quanto ao peso hectolitro o tratamento com *Azospirillum* apresentou maior média, PH de 79,8 diferindo significativamente do outro tratamento sem *Azospirillum* que resultou em menor média, PH de 79,2 se diferenciando dos resultados encontrados por Detoni *et al.* (2013) onde a inoculação de *Azospirillum brasilense* não influenciou significativamente sobre o peso hectolitro.

Já para Mendes *et al.* (2011) a inoculação propiciou a melhoria da qualidade dos grãos para comercialização, aumentando o valor do peso hectolitro, e também destaca que a determinação e a variação deste componente, está associado a várias características do grão, bem como forma, textura do tegumento, tamanho e peso.

O valor do PH depende muito da quantidade de nitrogênio que é translocado pela planta até os grãos assim a inoculação das sementes pode ter contribuído com um maior aporte do N na fase de enchimento de grão (LUDWIG, 2015).

A variável espigas por metro quadrado apresentou maior média para o tratamento com a inoculação de *Azospirillum* de 263 espigas m², diferindo-se do tratamento sem a inoculação que apresentou menor média de 256 espigas m². O tratamento inoculação com *Azospirillum* resultou em um incremento de 7 espigas m².

Em trabalhos realizados por Ludwig, (2015) mostraram que a inoculação de *Azospirillum* em cultivares de trigo não se mostrou eficiente para aumentar o número de espigas por m², mesmo a inoculação ter apresentado aumentos no número de afilhos planta, porém a mesma não foi suficiente para suprir as demandas e desenvolver espiga.

O tratamento com *Azospirillum* resultou em maior média para o número de afilhos por planta de 4,3 afilhos, diferindo significativamente para o outro tratamento sem *Azospirillum* que teve menor média de 3,4 afilhos tendo uma diferença significativa média de 0,9 afilhos por planta. Esta resposta pode estar relacionada com a contribuição da FBN, quando associada a bactérias como *Azospirillum* (SANTA *et al.*, 2008). Ou também pelo aumento da produção de fitormônios, favorecendo assim a emissão de afilhos (LUIDWIG, 2015).

Este resultado se assemelha ao estudo realizado por Pereira *et al.* (2016) ao testar diferentes métodos de inoculação de *Azospirillum* em trigo percebeu um aumento significativo de mais de um afilho por planta com a inoculação nas sementes quando comparado com as testemunhas e outras formas de inoculação. Porém para Mumbach *et al.* (2013), o número de perfilhos não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos com relação ao resultado da inoculação de *Azospirillum*.

A variável número de grãos por espiga também apresentou maior média de 32,6 grãos para o tratamento com *Azospirillum*, diferindo-se significativamente do outro tratamento sem *Azospirillum* que apresentou menor média de 30,6 grãos. Tal resultado se contraria aos encontrados por Dartora *et al.* (2016), onde não foi observado efeito significativos da inoculação quanto aos componentes número de grãos por espiga e produção de grãos.

Sangoi *et al.* (2007) observa que o número de grãos por área é o componente que apresenta a maior interferência com o rendimento de trigo, pois integra os efeitos do perfilhamento, dos afilhos produtivos e do número de espiguetas por espiga, e assim alterando o número de espigas por área e o número de grãos por espiga.

Tabela 4: Médias das variáveis produtividade de grãos em kg ha⁻¹ (PROD), peso hectolitro (PH), espigas por metro quadrado (EMQ), e número de afilhos por planta (NA) para o fator cultivares.

Cultivares	PROD	PH	EMQ	NA
TBIO Ponteiro	4296a	78,3c	264a	4,6a
TBIO Sonic	3283b	77,8c	253c	3,5c
BRS Bela Joia	3571b	81,5a	261bc	3,7b
CD Esporão	4197a	80,2b	258bc	3,5bc

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p=0,05).

A cultivar que apresentou maior produtividade de grãos foi a TBIO Ponteiro com 4296 kg ha⁻¹, não diferindo-se de forma significativa da cultivar CD Esporão que apresentou produtividade de 4197 kg ha⁻¹. A cultivar TBIO Sonic apresentou a menor produtividade, com 3283 kg ha⁻¹, não diferindo de forma significativa da cultivar BRS Bela joia que apresentou produção de 3571 kg ha⁻¹.

Em relação ao peso hectolitro a cultivar BRS Bela Joia foi a que apresentou a melhor média, de 81,5 diferindo significativamente de todas as outras cultivares analisadas. A cultivar TBIO Sonic foi a que apresentou menor média de 77,83 não diferindo significativamente da cultivar TBIO Ponteiro. Já a cultivar CD Esporão apresentou médias de PH intermediária de 80,17 diferindo significativamente de todas as outras cultivares.

Para a variável espigas por metro quadrado a cultivar TBIO Ponteiro expressou maior quantidade de espigas por m² com 264 espigas, não diferindo-se significativamente das cultivares BRS Bela joia e CD Esporão que apresentaram médias intermediárias. A cultivar TBIO Sonic expressou a menor média de 253 espigas m² diferindo-se significativamente da cultivar TBIO Ponteiro.

Para o número de afilhos por planta a cultivar TBIO Ponteiro apresentou maior média de 4,6 afilhos por planta, diferindo significativamente das demais cultivares (Tabela 3). Sangiovo *et al.* (2022) também observa que este genótipo apresenta maior média para a variável número de afilhos quando comparado com outras cultivares.

A Cultivar TBIO Sonic apresentou a menor média de 3,5 afilhos, não se diferenciando significativamente da cultivar CD Esporão. Já a cultivar BRS Bela Joia apresentou comportamento intermediário em relação a esta variável.

Para a variável número de grãos por espiga não houve diferença significativa entre as cultivares de trigo, houve diferença significativa somente para os tratamentos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inoculação em sementes de trigo com bactérias do gênero *Azospirillum brasilense* proporcionou incrementos na produtividade em até 340 kg ha⁻¹.

Houve um aumento significativo no número de afilhos, número de grãos por espiga, peso hectolitro, espigas por metro quadrado em todas as cultivares em resposta dos tratamentos com a inoculação da bactéria *Azospirillum Brasilense* em sementes de trigo.

Não houve interação significativa para os fatores inoculação X cultivares, apenas para fatores isoladamente. Concluindo que não existe interações entre os ciclos das cultivares e a inoculação de *Azospirillum*.

A cultivar de trigo TBIO ponteiro apresentou maior produtividade maior número de afilhos e também maior quantidade de espigas por metro quadrado. A cultivar TBIO Sonic apresentou menor número de afilhos, menor número de espigas por metro quadrado, menor peso hectolitro e a menor produtividade.

A cultivar de trigo Bela Joia apresentou maior peso hectolitro, diferenciando-se de todas as outras cultivares.

A variável peso de mil sementes não foi influenciada pelo tratamento da inoculação e nem pelo fator cultivar.

REFERÊNCIAS

- BARTCHECHEN, André *et al.* Efeito da inoculação de *Azospirillum brasiliense* na produtividade da cultura do milho (*zea mays*l). **Campo Digit@I**, v.5, n.1, p.56-59, Campo Mourão, dez., 2010. Disponível em: <https://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/982/353>. Acesso em: 08 jul.2022.
- BERTOLO, Fernanda de Oliveira de Andrade *et al.* **A Fixação biológica de nitrogênio e os inoculantes**. Porto Alegre: SEAPDR/DDPA, 2021. 19 p. (Comunicado Técnico, 7). Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202111/19094729-comunicado-tecnico-n-7.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 38, de 01 de dezembro de 2010. Regulamento técnico do trigo. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 29, p. 2, 1 dez. 2010. Seção 1.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, 2009.
- CHAVARRIA, Geraldo; MELLO, Naiana de. Bactérias do gênero *Azospirillum* e sua relação com gramíneas. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, ed. 125, p. 38-43, set./out. 2011.
- COLLING, Alan.*et al.* Efeito do *azospirillum* em diferentes cultivares de trigo da ccgl/fundacep. In: XVII SEMINARIO INTERINSTITUCIONAL DE PESQUISA E EXTENAO, 2012, S.I. **Anais [...].S.N**, 2012.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. CQFS-RS/SC. 11 ed.: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2016. 376 p. ISBN 978-85-66301-80-9.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Análise mensal de trigo**. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-trigo/item/17590-trigo-analise-mensal-dezembro-2021>. Acesso em: 24 jun.2022.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Análise mensal de trigo**. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-trigo/item/19614-trigo-analise-mensal-novembro-2022>. Acesso em: 01 fev.2022.
- DE ALCÂNTARA, Rosa Maria Cardoso *et al.* **Fixação biológica de nitrogênio**. In: CARDOSO, Milton José *et al* (editor). **Feijão-caupi** : o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF : Embrapa, 2017.

DE BONA, Fabiano Daniel; DE MORI, Cláudia; WIETHÖLTER, Sirio. **Manejo nutricional da cultura do trigo**. International Plant Nutrition Institute – Brasil. Informações Agronômicas, nº 154, 2016. ISSN 23115904.

DE MORI, Claudia *et. al.* **Trigo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

DE MORI, Claudia; IGNACZAK, João Carlos. Aspectos econômicos do complexo agroindustrial do trigo. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. da (Ed.). **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. Cap. 3, p. 41-76. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/931524>. Acesso em: 26 jun. 2022.

DÖBBEREINER, Johanna; DUQUE, Fernando Faria. Contribuição da pesquisa em fixação biológica de nitrogênio para o desenvolvimento do Brasil. **Revista de Economia Rural**. S.l. v.18, n. 03, p. 447-460, jul./set. 1980. Disponível em: <https://www.revistasober.org/article/5d0779190e88250742f70b6c/pdf/resr-18-3-447.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Inoculantes para gramíneas**. 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/2650/inoculante-para-gramineas#:~:text=Foto%3A%20RIBEIRO%2C%20Paulo.,promotoras%20do%20crescimento%20de%20plantas>. Acesso em: 25 jun. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Soluções tecnológicas: Fixação Biológica de Nitrogênio em Soja**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/3780/fixacao-biologica-de-nitrogenio-em-soja>. Acesso em: 24 jun. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

Empresa Brasileira de Pesquisa e Pecuaria (org.). **BRS Bela Joía**. Passo Fundo - RS: Embrapa Trigo, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/6232/brs-belajoia>. Acesso em: 13 jul. 2022.

FELDMANN, Neuri Antônio *et al.* Wheat cultivars submitted to seed inoculation with *Azospirillum brasilense* and nitrogen application in different environments. **Científica**, v. 46, n. 1, p. 95-100, 2018. Disponível em: <https://cientifica.dracena.unesp.br/index.php/cientifica/article/view/1028>. Acesso em: 07 jul.2022.

FERRO, Alfredo Eduardo Melo Meneses *et al.* Atributos agronômicos da cultura do trigo sob diferentes fontes de adubação. **Acta Iguazu**, v. 7, n. 3, p. 50-59, 2018. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/18129>. Acesso em: 07 jul.2022.

FILHO, Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira *et al*, Inoculation with Azospirillum Brasilense Improves Nutrition and Increases Wheat Yield in Association with Nitrogen Fertilization, *in*: WANYERA, Ruth; OWUOCHE, James (Orgs.), **Wheat Improvement, Management and Utilization**, [s/l]: InTech, 2017. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/54297>. Acesso em: 22 jul.2022.

FILHO, Walter Soares da Silva Filho. **Eficiência do Azospirillum brasilense associado à adubação nitrogenada sobre as características agrônomicas do milho e valor nutricional de sua silagem**.2020. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2020.

FLOSS, Edemar Luiz. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo que esta atrás do que se vê. 5. ed.- Passo Fundo: Ed.Universidade de Passo Fundo, 2011.

GUARIENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. 2.ed. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1996. *On-line*, Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/849741/1/CNPTDOC.2796.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2022.

HUNGRIA, Mariangela. Azospirillum: um velho novo aliado. *In*: FERTBIO, 2016, Centro de convenções de Goiânia- GO. **Anais**. Goiânia: S.N. s/p.

HUNGRIA, Mariângela. **Inoculação com Azospirillum brasiliense**: inovação em rendimentos a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. *On-line*, Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29676/1/Inoculacao-com-azospirillum.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2022.

HUNGRIA, Mariangela *et al*. Inoculation with selected strains of Azospirillum brasilense and A. lipoferum improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and soil**, v. 331, p. 413-425, 2010. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-009-0262-0#citeas>. Acesso em: 2 jan.2023.

JACOBSEN, Luiz Ataiades. **Trigo**. Serie Realidade Rural. n.32. Porto Alegre: Emater/RS-ASCAR, 2003. *On-line*, Disponível em: http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/teses/Vol.%2032%20-%20Trigo.pdf. Acesso em: 26 jun. 2022.

KUHNEM, Paulo; *et al*. Informações técnicas para o trigo e triticales: safra 2022. **Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticales**. Castro, PR: Fundação ABC e Biotrigo Genética, 2022. Disponível em: <https://www.conferencebr.com/conteudo/arquivo/informacoes-tecnicas-para-trigo-e-triticales--safra-2022-1649081250.pdf>. Acesso em: 13 jul.2022.

LANANCA, Elaine Regina Godoy. **Impacto de bactérias promotoras de crescimento de plantas no microbioma radicular e na fisiologia da cana-deaçúcar em solo com excesso de alumínio**.2019. Tese (Doutorado) Agricultura tropical e subtropical- instituto agrônomo, Capminas, SP, 2019.

LARA, Laís Schünemann *et al.* Avaliação da adubação mineral na cultura do trigo (*triticum aestivum*). **Mostra Interativa da Produção Estudantil em Educação Científica e Tecnológica**, 2018.

LEMOS, Juliane Mendes *et al.* Resposta de cultivares de trigo à inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, e à adubação nitrogenada em cobertura. **Científica**, v. 41, n. 2, p. 189-198, 2013. Disponível em: <https://cientifica.dracena.unesp.br/index.php/cientifica/article/view/429/pdf>. Acesso em: 01 jan.2023.

LIMA, MARIA IPM; FERNANDES, JOSÉ. Avaliação da resistência à giberela de genótipos de cereais de inverno. **Fitopatologia brasileira**, v. 27, p. 104-104, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/fb/a/8LmKTbYZMVGpt66X4mCvf7L/?lang=pt>. Acesso em: 01 jan.2023.

LUDWIG, Rodrigo Luiz *et al.* **Inoculação com azospirillum brasilense e adubação nitrogenada em cultivares de trigo**. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5130/LUIDWIG%2c%20RODRIGO%20LUIZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 02 jan.2022.

MARCHIORO, Volmir Sergio *et al.* Genótipos de trigo e fontes de nitrogênio mineral e biológica no plantio direto. **Revista de ciências agrárias**.S.I. v. 56, n. 4, p. 292-298, out./dez. 2013. DOI:<http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.044>. Disponível em: <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rca.2013.044>. Acesso em: 09 jul. 2022.

MARIANO, Rosa de Lima Ramos *et al.* Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 1, p. 89-111, 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/34111/1/AAPCA-V1-Revisao-04.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2022.

MENDES, Alessandra Monteiro Salviano. **Introdução a Fertilidade do Solo**. 2007. Aula (Curso de Manejo e Conservação do Solo e da Água) Superintendência Federal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Estado da Bahia – SFA - BA/SDC/MAPA. Barreiras-BA, 2007.

MENDES, Lêda de Carvalho; JUNIOR, Fábio Buone Reis; CUNHA, Mariangela Hungria da. **20 Perguntas e respostas sobre fixação biológica de nitrogênio**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. *On line*, Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/883833/1/doc281.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2022.

MENDES, Marcelo Cruz, Avaliação da eficiência agrônômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo. *In: V reunião da comissão Brasileira de Pesquisa de trigo e triticale*, 2011, Dourados MS. **Anais [...]** Dourados MS, 2011.
MOREIRA, Fátima Maria de Souza; SIQUEIRA, José Oswaldo. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006.

MUMBACH, Gilmar Luiz *et al.* Resposta da inoculação com *azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho safrinha. **Revista scientia agraria**, Curitiba, v. 18,

n.2, p. 97-103, abr./jun. 2017. Disponível em:
<https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/51475/32859>. Acesso em 08 jul.2022.

MUNARETO, Janete Denardi **Nitrogen management alternatives using Azospirillum brasilense in wheat**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.54, e00276, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00276>.

PAULILO, Maria Terezinha Silveira; VIANA, Ana Maria; RANDI, Áurea Maria. **Fisiologia Vegetal**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

SCHEEREN, Pedro Luiz. *et al.* **Efeito do frio em trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo,2000. 2p.html. 2 ilustr. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 57). Disponível: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co57.htm. Acesso em: 30 dez.2022.

PIANA, Clause Fátima de Brum; CARVALHO, Fernando Irajá Félix de. Trigo. *In:* Barbieri, Rosa Lía; STUMPF, Elisabeth Regina Tempel (editores técnicos). **Origem e evolução das plantas cultivadas**. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 821-852.

PICCININ, G. G. *et al.* Yield and agronomic performance of wheat in management with Azospirillum brasilense. **Revista Agrarian**, v. 6, n. 22, p. 393-401,2013. Disponível em:<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1931/1588>. Acesso em: 28 jun. 2022.

PIMENTEL GOMES, Frederico. **Curso de Estatística Experimental**. Piracicaba, 1990. Cap.1. p. 7

REPKE, Rodrigo Alberto. **Efeito de diferentes concentrações e estirpes da bactéria azospirillum brasilense nos componentes de produção em plantas de trigo**.2016. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016.

REVOLTI, Lucas Tadeu Mazza. **Interação genótipo vs formas de inoculação com Azospirillum brasilense em milho**. 2014. Disponível em:
<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/115859>. Acesso em: 01 fev. 2023.

RIBEIRO, Ricardo Henrique *et al.* (ed.). Seed and leaf inoculation with Azospirillum brasilense and increasing nitrogen in wheat production. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 1-8, 30 set. 2018. Revista Brasileira de Ciências Agrárias.
<http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v13i3a5550>. Disponível em:
<http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v13i3a5550/307>. Acesso em: 03 ago. 2022.

SALA, Valéria Marino Rodrigues *et al.* **Ocorrência e efeito de bactérias diazotróficas em genótipos de trigo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 29, p. 345-352, 2005. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/XbnDVbYcGj4VRfv4rWZWQPH/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 02 jan.2023.

SALA, Valéria Marino Rodrigues *et al.* **Resposta de genótipos de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, p. 833-842, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/wdNntRG67SSgCnyYX5YpRvx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 02 jan.2023.

SANGIOVO, Jaqueline Piesanti *et al.* Desempenho agrônômico de diferentes genótipos de trigo. **Salão do Conhecimento**, v. 8, n. 8, 2022.

SANTOS, Henrique Pereira dos *et. al.* **Cultivo de Trigo**. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistema_sdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=3704&p_r_p_-996514994_topicold=3047. Acesso em: 28 jun. 2022.

SILVA, Sérgio Ricardo; PIRES, João Leonardo Fernandes. Resposta do trigo BRS Guamirim à aplicação de Azospirillum, nitrogênio e substâncias promotoras do crescimento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 631-638, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/PbVgRyxvJGMkdXfckHFzvwx/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em 01 jan.2023.

SILVERA, Leviston. **Montagem e anotação parcial da sequência genômica da bactéria diazotrófica azospirillum brasilense fp2.** 2012. Dissertação (Mestre em bioinformática) – Programa de Pós-Graduação em Bioinformática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SPOLAOR, Leandro Teodoski *et al.* Bactérias promotoras de crescimento associadas a adubação nitrogenada de cobertura no desempenho agrônômico de milho pipoca. **SciELO Brasil**, Bragantia, Campinas, v.75, n.1, p. 33-40, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.330>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/CzYMYzhDPc4TCyjrfqkggQF/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 08 jul. 2022.

TAIZ, Lincoln; *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** trad.: Alexandra Antunes Mastroberti *et al*; 6. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2017. ISBN 978-85-8271-367-9.

VIEIRA, Rosana Faria. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas.** - Brasília, DF: Embrapa, 2017.

WENDLING, Aldemir. **Recomendação de Nitroênio e potássio para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai.** 2005. Dissertação (Mestre em ciências do solo)- Curso de mestrado do Programa de pós graduação em ciências do solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5598/Ademir.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 08 jul.2022.

ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCO AGROCLIMÁTICO - ZARC. **Programa Nacional de zoneamento agrícola de risco climático.** Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/rio-grande-do-sul/word/PORTN609TRIGODESEQUEIRORS.pdf>. Acesso em: 13 jun.2022.

ZYLBERSZTAJN, Decio *et al.* **Estratégias para o trigo no Brasil**. S/I:Atlas, 2004.